

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. November 2022 (24.11.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/243196 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02H 7/125 (2006.01) H02M 1/36 (2007.01)
H02H 9/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/063066

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Mai 2022 (13.05.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 113 205.3
20. Mai 2021 (20.05.2021) DE

(71) Anmelder: SMA SOLAR TECHNOLOGY AG
[DE/DE]; Sonnenallee 1, 34266 Niestetal (DE).

(72) Erfinder: UNRU, Alexander; Keltenstrasse 1, 34225 Bau-
natal (DE). KRATOCHVIL, Marcel; Philosophenweg 6,
34121 Kassel (DE). BAUMGARTNER, Josef; Haimelk-
ofen 124, 84082 Laberweinting (DE). HOEFLSAUER, Jo-
sef; Bochem 9, 84106 Volkenschwand (DE). SCHRECK,
Michael; Berg 7a, 84106 Volkenschwand (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE,
KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A SHORT-CIRCUIT-PROTECTED SUPPLY SYSTEM, AND SHORT-CIRCUIT-PRO-
TECTED SUPPLY SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES KURZSCHLUSSGESICHERTEN VERSORGUNGSSYSTEMS UND
KURZSCHLUSSGESICHERTES VERSORGUNGSSYSTEM

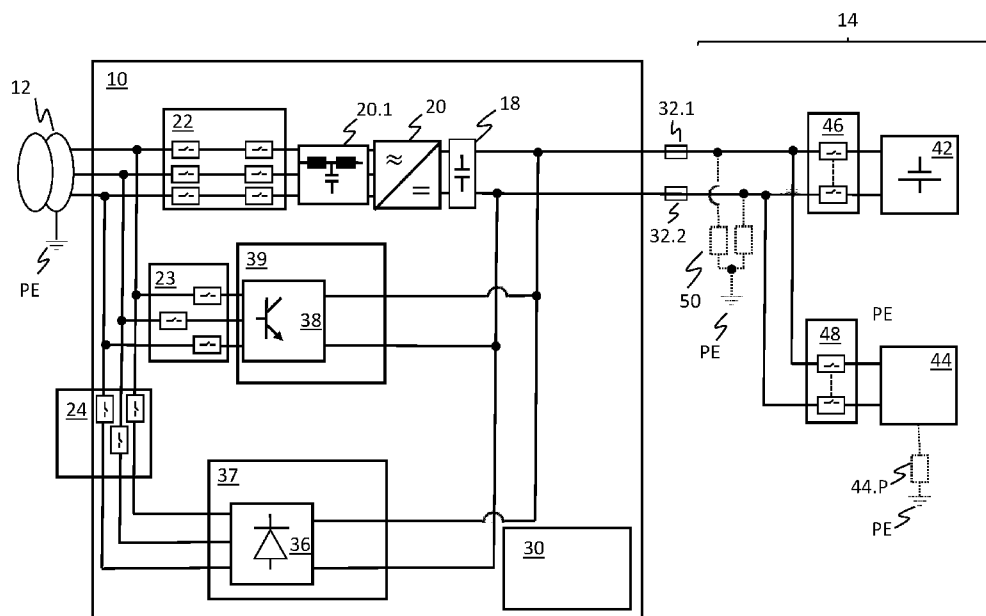


Fig. 2

(57) Abstract: The application relates to a method for operating a short-circuit-protected supply system (10) for supplying a DC grid (14) from an AC grid (12), the supply system (10) comprising: - an active rectifier (20) with sinusoidal filter chokes (20.1) which are upstream on the AC side, - a precharging device and - a short-circuit protection device, and the short-circuit protection device being designed to conduct a short-circuit current occurring because of a fault in the DC grid from the AC grid (12) into the DC grid (14) in such a way that the active rectifier (20) is bypassed. The method comprises the following steps for starting the supply system (10): a) precharging the DC grid (14) by means of the precharging device (39, 41), the active rectifier (20) being connected, on the DC side, to



TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

the DC grid (14), b) establishing a connection of the active rectifier (20), on the AC side, to the AC grid (12) at a first time during the precharging at which a voltage of the DC grid (14) exceeds a first threshold value, c) establishing a connection between the AC grid (12) and the DC grid (14) by means of the short-circuit protection device (37, 41) at a second time during the precharging at which the voltage of the DC grid (14) exceeds a second threshold value. The application also relates to a short-circuit-protected supply system (10).

(57) Zusammenfassung: Die Anmeldung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines kurzschlussgesicherten Versorgungssystems (10) eines DC-Netzes (14) aus einem AC-Netz (12), wobei das Versorgungssystem (10) einen aktiven Gleichrichter (20) mit AC-seitig vorgelagerten Sinusfilterdrosseln (20.1), eine Vorladevorrichtung und eine Kurzschluss Sicherungsvorrichtung aufweist, wobei die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung dazu eingerichtet ist, einen durch einen Fehler im DC-Netz auftretenden Kurzschlussstrom unter Umgehung des aktiven Gleichrichters (20) aus dem AC-Netz (12) in das DC-Netz (14) zu leiten. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte zum Aufstarten des Versorgungssystems (10): a) Vorladen des DC-Netzes (14) über die Vorladevorrichtung (39, 41), wobei der aktive Gleichrichter (20) DC-seitig mit dem DC-Netz (14) verbunden ist, b) Herstellen einer AC-seitigen Verbindung des aktiven Gleichrichters (20) mit dem AC-Netz (12) zu einem ersten Zeitpunkt während des Vorladens, zu dem eine Spannung des DC-Netzes (14) einen ersten Schwellwert überschreitet, c) Herstellen einer Verbindung zwischen dem AC-Netz (12) und dem DC-Netz (14) über die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung (37, 41) zu einem zweiten Zeitpunkt während des Vorladens, zu dem die Spannung des DC-Netzes (14) einen zweiten Schwellwert überschreitet. Die Anmeldung betrifft weiter ein kurzschlussgesichertes Versorgungssystem (10).

Verfahren zum Betrieb eines kurzschlussgesicherten Versorgungssystems und kurzschlussgesichertes Versorgungssystem

Hintergrund

Die Anmeldung betrifft ein Verfahren zum kurzschlussgesicherten Betrieb eines DC-Netzes, sowie ein kurzschlussgesichertes Versorgungssystem eines DC-Netzes aus einem AC-Netz.

Zur Versorgung eines Gleichspannungsnetzes, im Folgenden auch als DC-Netz bezeichnet, werden Thyristor-Gleichrichter oder aktive Gleichrichter eingesetzt. Aktive Gleichrichter im Folgenden auch AFE (Active Front End) genannt, weisen hierbei eine Brückenschaltung auf, in der Leistungshalbleiterschalter, insbesondere IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) oder MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) mit antiparallelen Freilaufdioden eingesetzt werden. Hierbei bilden die Freilaufdioden einen Gleichrichter gegenüber dem Wechselspannungs-Netz, im Folgenden auch als AC-Netz bezeichnet, so dass unkontrolliert Strom über die Freilaufdioden fließt, wenn die ausgangseitige DC-Spannung eines aktiven Gleichrichters unter einem Gleichrichtwert der AC-Netzspannung liegt.

Aus diesem Grunde besteht bei aktiven Gleichrichtern im Falle eines Erdfehlers oder Kurzschlusses auf der DC-Seite, bei denen die ausgangsseitige DC-Spannung unter den Gleichrichtwert des AC-Netzes fällt, die Gefahr, dass ein zu hoher Strom über die Freilaufdioden fließt, der diese beschädigt.

Eine mögliche Maßnahme wäre, die Freilaufdioden des AFE so auszulegen, dass ein zu erwartender Kurzschlussstrom ohne deren Beschädigung übernommen werden könnte. Die Freilaufdioden können dann aber nicht optimal für den Normalbetrieb des AFE ausgelegt werden, was sich im Nennbetrieb und pro AFE nachteilig auf die Kosten, den nötigen Bauraum und/oder den Wirkungsgrad auswirkt.

Es ist bekannt, schnell schaltende DC-Trennschalter einzusetzen, so dass eine Trennung von der Fehlerstelle schneller als eine Beschädigung der Freilaufdioden durch den durch den Kurzschluss oder Erdfehler entstehenden Überstrom erfolgt. Dies erfordert hybride DC-Trennschalter, die sowohl elektromechanische Schalter als auch schnelle Halbleiterschalter aufweisen. Solche hybriden Trennschalter sind aber teuer und bringen zusätzliche Komplexität in eine Versorgungsanlage für ein DC-Netz. Weiterhin sind die Durchlassverluste der Halbleiterschalter höher als bei Sicherungen oder Leistungsschaltern, weswegen zusätzliche Kühlmaßnahmen notwendig sind.

Aufgabe

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den kurzschluss sicheren Netzaufbau und Betrieb des DC-Netzes zu gewährleisten.

Lösung

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Das Verfahren kann durch ein Versorgungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 13 durchgeführt werden. Vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens und des Versorgungssystems sind in den abhängigen Ansprüchen beansprucht.

Beschreibung

Ein kurzschluss gesichertes Versorgungssystem eines DC-Netzes aus einem AC-Netz weist einen aktiven Gleichrichter mit AC-seitig vorgelagerten Sinusfilterdrosseln, eine Vorladevorrichtung und eine Kurzschluss sicherungsvorrichtung auf, wobei die Kurzschluss sicherungsvorrichtung dazu eingerichtet ist, einen durch einen Fehler im DC-Netz auftretenden Kurzschlussstrom unter Umgehung des aktiven Gleichrichters aus dem AC-Netz in das DC-Netz zu leiten. Ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Versorgungssystems umfasst die folgenden Schritte zum Aufstarten des Versorgungssystems:

- a) Vorladen des DC-Netzes über die Vorladevorrichtung, wobei das AFE DC-seitig mit dem DC-Netz verbunden ist.
- b) Herstellen einer AC-seitigen Verbindung des AFE mit dem AC-Netz zu einem ersten Zeitpunkt während des Vorladens, zu dem eine Spannung des DC-Netzes einen ersten Schwellwert überschreitet.
- c) Herstellen einer Verbindung zwischen dem AC-Netz und dem DC-Netz über die Kurzschluss sicherungsvorrichtung zu einem zweiten Zeitpunkt während des Vorladens, zu dem die Spannung des DC-Netzes einen zweiten Schwellwert überschreitet.

Das DC-Netz wird in Schritt a) zunächst über die Vorladevorrichtung auf einen ersten Schwellwert der DC-Spannung vorgeladen. Das Vorladen über die Vorladevorrichtung erfolgt dabei bevorzugt strombegrenzt, beispielsweise über einen Vorladewiderstand der Vorladevorrichtung. In Schritt a) ist zumindest das AFE DC-seitig bereits mit dem DC-Netz verbunden. Liegt während dieses Vorladevorgangs ein Kurzschluss oder Erdfehler im DC-

Netz vor, kann die Strombegrenzung der Vorladevorrichtung verhindern, dass der erste Schwellwert der DC-Spannung erreicht wird. Die Vorladung kann dann für diesen Fall abgebrochen werden.

Wird der erste Schwellwert der DC-Spannung überschritten, kann in Schritt b) das AFE AC-seitig mit dem AC-Netz verbunden werden. Das DC-Netz kann auf einen zweiten Schwellwert der DC-Spannung vorgeladen werden. Wird der zweite Schwellwert der DC-Spannung überschritten, erfolgt in Schritt c) eine Verbindung des AC-Netzes mit dem DC-Netz über die Kurzschluss sicherungsvorrichtung. In einer Ausführungsform des Verfahrens ist der zweite Schwellwert größer als der erste Schwellwert. Wird die DC-Spannung des DC-Netzes kontinuierlich ansteigend vorgeladen, so wird zunächst der erste Schwellwert und danach der zweite Schwellwert der DC-Spannung erreicht. Dies entspricht damit einer Ausführungsform, bei der der erste Zeitpunkt vor dem zweiten Zeitpunkt liegt.

Ebenfalls denkbar ist eine Ausführungsform, in der der zweite Schwellwert kleiner als der erste Schwellwert gewählt wird. In diesem Fall wird während des Vorladens zunächst zum zweiten Zeitpunkt der zweite Schwellwert erreicht und die Kurzschluss sicherungsvorrichtung AC-seitig zugeschaltet. Wenn im weiteren Verlauf des Vorladens zum ersten Zeitpunkt dann der erste Schwellwert erreicht wird, wird auch das AFE mit dem AC-Netz verbunden. Liegt während dieses Vorladevorgangs ein Kurzschluss oder Erdfehler im DC-Netz vor, kann die Strombegrenzung der Vorladevorrichtung verhindern, dass der zweite Schwellwert der DC-Spannung erreicht wird. Die Vorladung kann dann für diesen Fall abgebrochen werden. Dadurch, dass die Kurzschluss sicherungsvorrichtung vor dem AFE mit dem AC-Netz verbunden wird, ist das AFE zu jedem Zeitpunkt vor den Folgen eines Kurzschlusses oder Erdfehlers geschützt.

Sinusfilterdrosseln sind Teil eines AC-seitigen Netzfilters des AFE, die für einen stark verzögerten Anstieg des Stromes sorgen.

Das Versorgungssystem kann mit dem AC-Netz über einen Vortransformator angebunden sein, der das Spannungsniveau auf einen für das Versorgungssystem gewünschten Wert umsetzt. Das an das Versorgungssystem angeschlossene AC-Netz kann ein geerdetes Netz sein, beispielsweise indem der Vortransformator sekundärseitig einen mit PE verbundenen Erdanschluss aufweist. Aber auch ein ungeerdetes AC-Netz ist denkbar, wobei dann einseitige Erdfehler zu keinem Kurzschlussstrom führen und damit ungesichert bleiben.

Die Vorladevorrichtung ist eine leistungselektronische Schaltung, die ein strombegrenztes Vorladen des DC-Netzes zumindest bis zum Erreichen des ersten Schwellwertes, bevorzugt bis zum Erreichen der Nennspannung des DC-Netzes erlaubt. Eine Vorladevorrichtung kann

beispielsweise durch einen aktiven Gleichrichter – auch ein AFE - mit nachgelagertem DC/DC-Wandler mit tiefsetzstellender Funktion oder durch einen Thyristor-Gleichrichter mit nachgelagertem DC/DC-Wandler mit hochsetzstellender Funktion realisiert werden. Auch andere Schaltungsformen sind dem Fachmann bekannt und einsetzbar.

In einer Ausführungsform des Verfahrens kann die Vorladevorrichtung und die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung jeweils in getrennten Zweigen parallel zum aktiven Gleichrichter zwischen AC-Netz und DC-Netz angeordnet sein. In einer weiteren Ausführungsform kann das Vorladen der DC-Seite und die Kurzschluss Sicherung von einer gemeinsamen, kombinierten Vorrichtung übernommen werden. Beispielsweise ist es möglich, einen überbrückbaren Vorladewiderstand in Serie zur Kurzschluss Sicherungsvorrichtung vorzusehen, wobei der Vorladewiderstand beim Betrieb als Kurzschluss Sicherungsvorrichtung beispielsweise durch einen geschlossenen Schalter überbrückt sein kann. Beim Betrieb als Vorladevorrichtung kann dieser Schalter geöffnet sein und der Vorladewiderstand somit den Vorladestrom begrenzen.

In einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Vorladen des DC-Netzes nach dem Herstellen der AC-seitigen Verbindung des AFE mit dem AC-Netz zumindest teilweise über das AFE. Dies bedeutet, dass das DC-Netz bis zum ersten Schwellwert der DC-Spannung über die Vorladevorrichtung vorgeladen werden kann und danach über die Vorladevorrichtung und/oder das AFE.

In einer Ausführungsform des Verfahrens hängt der erste Schwellwert von einer ersten AC-Eingangsspannung am AC-Eingang des AFE ab und kann insbesondere einem Gleichrichtwert der ersten AC-Eingangsspannung entsprechen oder einen vorgegebenen ersten Abstand über dem Gleichrichtwert der ersten AC-Eingangsspannung liegen. Durch eine solche Wahl des ersten Schwellwertes kann erreicht werden, dass der aktive Gleichrichter erst dann AC-seitig mit dem AC-Netz verbunden wird, wenn die DC-Spannung im DC-Netz groß genug ist und der aktive Gleichrichter stromlos oder weitgehend stromlos zugeschaltet werden kann. Dies stellt sicher, dass die Freilaufdioden im aktiven Gleichrichter keinen Schaden nehmen.

In einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Vorladen des DC-Netzes bis zu einer Nennspannung des DC-Netzes. Der erste und der zweite Schwellwert liegen beide unterhalb der Nennspannung des DC-Netzes. Das Verfahren kann somit ein sicheres Vorladen des DC-Netzes bis zu seiner Nennspannung realisieren. Sollte vor Erreichen der Nennspannung ein Kurzschluss oder Erdfehler auftreten, ist die Sicherungsfunktion durch die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung bereits aktiv.

In einer Ausführungsform des Verfahrens weist die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung einen Gleichrichter auf, über den die Verbindung zwischen dem AC-Netz und dem DC-Netz hergestellt wird. Der Gleichrichter kann beispielsweise ein passiver Gleichrichter sein, der AC-seitig mit dem AC-Netz verbunden und DC-seitig mit dem DC-Netz verbunden wird. Der Gleichrichter wird mit einer zweiten AC-Eingangsspannung versorgt. Optional kann die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung einen Transformator, insbesondere einen hochsetzenden Transformator, aufweisen, wobei der Transformator den Gleichrichter mit einer im Vergleich zur ersten AC-Eingangsspannung am AFE höheren zweiten AC-Eingangsspannung versorgt, so dass auch der Gleichrichtwert der zweiten AC-Eingangsspannung höher liegen kann. Fehlt ein solcher Transformator, entspricht die zweite AC-Eingangsspannung der ersten AC-Eingangsspannung.

In einer Ausführungsform des Verfahrens hängt der zweite Schwellwert von der zweiten AC-Eingangsspannung des Gleichrichters der Kurzschluss Sicherungsvorrichtung ab und kann insbesondere einem Gleichrichtwert der zweiten AC-Eingangsspannung entsprechen oder einen vorgegebenen zweiten Abstand über dem Gleichrichtwert der zweiten AC-Eingangsspannung liegen. Der zweite Schwellwert kann damit so gewählt werden, dass die Dioden des passiven Gleichrichters bei einer DC-Spannung größer als der zweite Schwellwert sperren, sodass über den passiven Gleichrichter beim Zuschalten kein Strom aus dem AC-Netz in das DC-Netz fließt.

Kommt es während des laufenden Betriebs im DC-Netz zu einem Kurzschluss oder Erdfehler, sinkt die DC-Spannung schlagartig ab. Unterschreitet diese den Gleichrichtwert der zweiten AC-Eingangsspannung, werden die Dioden des Gleichrichters der Kurzschluss Sicherungsvorrichtung leitend und stellen zumindest einen erheblichen Teil des Kurzschlussstroms aus dem AC-Netz zur Verfügung. Gleichzeitig kann die Zwischenkreiskapazität des aktiven Gleichrichters weiter entladen werden.

Selbst wenn die DC-Spannung unter den Gleichrichtwert der ersten AC-Eingangsspannung sinkt, und die Freilaufdioden des AFE leitend werden, sorgen die Sinusfilterdrosseln für einen stark verzögerten Anstieg des über die Freilaufdioden des aktiven Gleichrichters fließenden Stromes. Der im Fehlerfall fließende Kurzschlussstrom kann hierdurch für einen gewissen Zeitraum größtenteils durch den Gleichrichter der Kurzschluss Sicherungsvorrichtung und die Zwischenkreiskapazität bereitgestellt werden. Durch eine geeignete Dimensionierung der Sinusfilterdrosseln kann erreicht werden, dass der Zeitraum ausreichend ist, um entsprechende Trennvorrichtungen auf der DC-Seite, zum Beispiel Sicherungen, auszulösen beziehungsweise zu betätigen. Hierdurch kann dann das Versorgungssystem auch ohne einen hochsetzenden Transformator auf der AC-Seite des Gleichrichters der Kurzschluss Sicherungsvorrichtung ausgelegt werden, was Kosten sparen

kann. Mittels der Sinusfilterdrosseln, welche beispielsweise als Netzfilter am aktiven Gleichrichter angeordnet sind, kann also ein Anstieg des Stroms begrenzt werden, und das AFE im Kurzschlussfall über einen ausreichend langen Zeitraum unterkritisch bestromt gehalten werden. Die Sicherungen können dann beispielsweise durch den über die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung zugeführten Kurzschlussstrom ausgelöst werden.

Für den Fall, dass Kurzschlussströme auch über einen längeren als durch die Sinusfilterdrosseln realisierbaren Zeitraum auftreten könnten, zum Beispiel bei trägeren Sicherungen, ist es möglich, auf der AC-Seite des Gleichrichters der Kurzschluss Sicherungsvorrichtung den Transformator vorzusehen. Das Übersetzungsverhältnis des Transformators kann nun so gewählt werden, dass der Gleichrichter der Kurzschluss Sicherungsvorrichtung im Falle eines Erd- oder Kurzschlusses und bei Abfall der DC-Spannung in den leitenden Zustand übergeht und einen für ein Auslösen der DC-seitigen Trennvorrichtungen notwendigen Strom bereitstellt, bevor die Freilaufdioden des aktiven Gleichrichters in den leitenden Zustand übergehen würden. Hierdurch können die Freilaufdioden des aktiven Gleichrichters noch besser geschützt werden.

In einer Ausführungsform kann das Versorgungssystem eine Mehrzahl parallel geschalteter AFE aufweisen. Hier kann das Herstellen einer Verbindung des AFE mit dem AC-Netz durch Parallelschalten der Mehrzahl der AFE erfolgen. Alle solchermaßen parallel geschalteten AFE können hierbei durch das beschriebene Verfahren über die Vorladevorrichtung und die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung aufgestartet werden.

In einer Ausführungsform werden die aktiven Gleichrichter der Mehrzahl der aktiven Gleichrichter beim Aufstarten des Versorgungssystems nacheinander parallelgeschaltet. Bevorzugt erfolgt das Parallelschalten der aktiven Gleichrichter dabei einzeln gemäß dem oben beschriebenen Verfahren.

In einer Ausführungsform weist das Verfahren weiterhin die folgenden Schritte bei der Außerbetriebnahme des Versorgungssystems auf:

- Auftrennen der Verbindung zwischen dem AC-Netz und dem DC-Netz über die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung, und
- Auftrennen der Verbindung des einen AFE oder der Mehrzahl der AFE mit dem AC-Netz.

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird nach Herstellen einer Verbindung zwischen dem AC-Netz und dem DC-Netz über die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung ein Freigabesignal erzeugt und an eine DC-Last oder an DC-Lasten des DC-Netzes übermittelt.

Dies ermöglicht es, der DC-Last oder den DC-Lasten des DC-Netzes mitzuteilen, wann das Aufstarten beendet ist und ein sicherer Normalbetrieb des DC-Netzes möglich ist. Das Freigabesignal kann ebenfalls an weitere an das DC-Netz angeschlossene DC-Einheiten, wie eine Batterie o. ä., übermittelt werden. Das Freigabesignal kann auch an das AFE übermittelt werden und beispielsweise dazu genutzt werden, einen vom AFE bereitgestellten Leistungswert oder Leistungsgrenzwert oder dessen Betriebsmodus zu bestimmen.

Ein kurzschlussgesichertes Versorgungssystem für ein DC-Netz aus einem AC-Netz kann aufweisen:

- ein AFE;
- eine Vorladevorrichtung zum Vorladen des DC-Netzes aus dem AC-Netz;
- eine Kurzschlusssicherungsvorrichtung;
- eine Steuereinheit;

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinheit zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist.

Vor das AFE kann AC-seitig ein Netzfilter, der Sinusfilterdrosseln aufweisen kann, vorgeschaltet sein. Der Netzfilter kann dann den Anstieg eines Stromes über das AFE im Fehlerfall stark verzögern. Bevorzugt erfolgt die Auslegung des Netzfilters so, dass er den Anstieg des Stromes so stark und so lange verzögert, dass Sicherungen des Versorgungssystems im Fehlerfall rechtzeitig auslösen, bevor ein Schaden am AFE entsteht.

In einer Ausführungsform weist das Versorgungssystem eine Mehrzahl von parallelgeschalteten AFE auf, welche beim Aufstarten bevorzugt einzeln nacheinander mittels des oben beschriebenen Verfahrens parallelgeschaltet werden.

In einer Ausführungsform weist die Kurzschlusssicherungsvorrichtung einen Gleichrichter auf, über den die Verbindung zwischen dem AC-Netz und dem DC-Netz hergestellt wird, wobei der Gleichrichter mit einer zweiten AC-Eingangsspannung versorgt wird, von der der zweite Schwellwert abhängt, wobei der zweite Schwellwert insbesondere einem Gleichrichtwert der zweiten AC-Eingangsspannung des Gleichrichters entspricht. Der Gleichrichter ist bevorzugt ein passiver Gleichrichter, über dessen Dioden Kurzschlussströme im Fehlerfall aus dem DC-Netz ins AC-Netz abgeleitet werden können.

In einer Ausführungsform weisen die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung und die Vorladevorrichtung einen gemeinsamen, bevorzugt hochsetzenden Transformator und einen gemeinsamen Gleichrichter auf, wobei die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung weiterhin einen Schalter und die Vorladevorrichtung weiterhin einen zum Schalter parallel geschalteten Vorladewiderstand aufweisen. Die Vorladevorrichtung und die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung sind somit in Teilen die gleiche, kombinierte Vorrichtung, wobei der Vorladewiderstand der Vorladevorrichtung im Betrieb als Kurzschluss Sicherungsvorrichtung durch den geschlossenen Schalter überbrückt wird. Eine solche Systemauslegung ermöglicht eine preisgünstige Realisierung mit weniger Bauteilen. Durch die Verwendung eines hochsetzenden Transformators als gemeinsames Bauteil von Kurzschluss Sicherungsvorrichtung und Vorladevorrichtung kann ein verbesserter Kurzschlusschutz und eine schnellere Vorladung, sowie ein stromloses Verbinden des aktiven Gleichrichters mit dem AC-Netz ermöglicht werden.

Detaillierte Beschreibung

Im Folgenden wird die Erfindung mithilfe von Figuren dargestellt, von denen

Fig. 1 schematisch Schritte eines Verfahrens zum Betrieb eines kurzschluss gesicherten Versorgungssystems zeigt,

Fig. 2 eine Ausführungsform eines kurzschluss gesicherten Versorgungssystems zeigt und

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform eines kurzschluss gesicherten Versorgungssystems zeigt.

In den Figuren sind gleiche oder ähnliche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Fig. 1 zeigt schematisch Schritte a), b), c) eines Verfahrens zum Betrieb eines kurzschluss gesicherten Versorgungssystems 10 (Fig. 2, Fig. 3). Beim Aufstarten des Versorgungssystems 10 wird in Schritt a) ein DC-Netz 14 über eine Vorladevorrichtung 39, 41 vorgeladen. Ein aktiver Gleichrichter 20 des Versorgungssystems 10 ist in Schritt a) DC-seitig mit dem DC-Netz 14 verbunden. Zu einem ersten Zeitpunkt während des Vorladens, zu dem eine Spannung des DC-Netzes 14 einen ersten Schwellwert überschreitet, wird in einem Schritt b) der aktive Gleichrichter 20 durch Schließen von AC-Schaltern 22 mit dem AC-Netz 12 verbunden. Zu einem zweiten Zeitpunkt während des Vorladens, zu dem die Spannung des DC-Netzes 14 einen zweiten Schwellwert überschreitet, wird in einem Schritt c) über eine Kurzschluss Sicherungsvorrichtung 37, 41 eine Verbindung zwischen dem AC-

Netz 12 und dem DC-Netz 14 hergestellt. Danach wird das DC-Netz 14 weiter über die Vorladevorrichtung 39, 41 und/oder den aktiven Gleichrichter 20 bis zu einer Nennspannung des DC-Netzes vorgeladen. Die Vorladevorrichtung 39 aus Fig. 2 kann durch Öffnen der AC-Schalter 23 vom AC-Netz getrennt werden. Dies kann beispielsweise nach Erreichen der Nennspannung des DC-Netzes 14 geschehen.

In Fig. 2 ist schematisch ein Ausführungsbeispiel eines kurzschlussgesicherten Versorgungssystems 10 zur Versorgung des DC-Netzes 14 aus dem AC-Netz 12 dargestellt. Das AC-Netz 12 ist beispielsweise ein dreiphasiges AC-Netz und kann insbesondere ein AC-Versorgungsnetz sein, welches beispielsweise über einen Netztransformator bereitgestellt werden kann, der über sein Übersetzungsverhältnis für das Versorgungssystem 10 ein geeignetes Spannungs-Niveau bereitstellt. Dieser kann durch Verbindung mit Potential Erde PE geerdet sein. Das Versorgungssystem 10 weist den aktiven Gleichrichter 20 mit AC-seitig vorgelagerten Sinusfilterdrosseln 20.1, eine Kurzschlusssicherungsvorrichtung 37 und eine Vorladevorrichtung 39 auf.

Das DC-Netz 14 weist als äquivalente Ersatzschaltung eines Erdfehlers einen zweiteiligen Isolationswiderstand 50 gegen Erdpotential PE auf. Eine Batterie 42 ist über DC-Schalter 46 mit dem DC-Netz 14 verbindbar. Eine Last 44 ist über DC-Schalter 48 mit dem DC-Netz verbindbar. Die Last 44 kann einen unerwünschten parasitären Widerstand 44.P gegen Erdpotential PE aufweisen. Eine Last 44 kann insbesondere einen oder mehrere Verbraucher umfassen, wie beispielsweise eine Maschine, eine Industrieanlage oder auch einen Elektrolyseur. Das DC-Netz 14 kann auch mehrere Lasten 44 und mehrere Batterien 42 aufweisen. Anstelle parasitärer Widerstände gegenüber Erdpotential PE kann das DC-Netz auch parasitäre Widerstände zwischen den DC-Leitungen ohne Erdverbindung aufweisen.

Die Vorladevorrichtung 39 ist über die AC-Schalter 23 mit dem AC-Netz 12 verbindbar. Die Vorladevorrichtung 39 weist eine strombegrenzende Ladeschaltung 38 auf, mit deren Hilfe der Strom beim Vorladen des DC-Netzes 14 begrenzt wird. Der Zwischenkreis 18 des aktiven Gleichrichters 20 kann beim Hochfahren des Versorgungssystems 10 vor der Verbindung der AC-Seite mit dem AC-Netz 12 über die Vorladevorrichtung 39 vorgeladen werden. Die Vorladevorrichtung 39 ist eingerichtet, eine solche Vorladung aus dem AC-Netz 12 durchzuführen. Über die Vorladevorrichtung 39 kann der Zwischenkreis 18 des aktiven Gleichrichters 20 direkt aus dem AC-Netz 12 vorgeladen werden.

Die Kurzschlusssicherungsvorrichtung 37 ist über AC-Schalter 24 mit dem AC-Netz 12 verbindbar und weist einen passiven Gleichrichter 36 auf, über den ein durch einen Fehler im DC-Netz 14 auftretender Kurzschlussstrom unter Umgehung des aktiven Gleichrichters 20

aus dem AC-Netz 12 in das DC-Netz 14 geleitet werden kann. Ein solcher Fehler im DC-Netz tritt beispielsweise auf, wenn der zweiteilige Isolationswiderstand 50 oder der parasitäre Widerstand 44.P zu klein werden und dadurch ein Erd- oder Kurzschluss im DC-Netz, also eine zu niederohmiger Verbindung zum Potential Erde PE oder zwischen DC+ und DC-, entsteht. Der passive Gleichrichter wird aus dem AC-Netz 12 mit einer zweiten AC-Eingangsspannung versorgt. Optional kann zwischen den AC-Schaltern 24 und dem passiven Gleichrichter 36 ein Transformator 16 angeordnet sein, der den Gleichrichter 36 mit der zweiten AC-Eingangsspannung versorgt. Von der zweiten AC-Eingangsspannung hängt der zweite Schwellwert ab, über den sichergestellt werden kann, dass die Verbindung zwischen AC-Netz 12 und DC-Netz 14 über die Kurzschluss sicherungsvorrichtung 37 erst dann hergestellt wird, wenn der Zwischenkreis 18 und damit das DC-Netz 14 genügend vorgeladen ist. Das Herstellen der Verbindung über die Kurzschluss sicherungsvorrichtung 37 kann beispielsweise über die Schalter 24 erfolgen, die durch die Steuereinheit 30 angesteuert werden.

Der aktive Gleichrichter 20 ist ausgebildet, Wechselstrom oder Wechselspannung an seiner AC-Seite in Gleichstrom oder Gleichspannung an seine DC-Seite umzuwandeln. Der aktive Gleichrichter 20 ist ebenfalls ausgebildet, Gleichstrom oder Gleichspannung an seiner DC-Seite in Wechselstrom oder Wechselspannung an seiner AC-Seite umzuwandeln. Im dargestellten Ausführungsbeispiel geschieht die Umwandlung dadurch, dass eine Steuereinheit des aktiven Gleichrichters 20 die Halbleiterschalter geeignet ansteuert. Die Steuereinheit 30 des Versorgungssystems 10 ist dazu eingerichtet und ausgebildet, das Verfahren zum Betrieb des kurzschluss gesicherten Versorgungssystems 10 auszuführen und entsprechend beispielsweise die Schalter 22, 23, 24 anzusteuern. Sie verfügt dafür beispielsweise über geeignet Rechenleistung und geeigneten Speicher. Die Steuereinheit 30 kann die Steuereinheit des aktiven Gleichrichters 20 mit umfassen. Jeder aktive Gleichrichter kann aber auch eine eigene Steuereinheit aufweisen. Die Sinusfilterdrosseln 20.1 können als ein Netzfilter des aktiven Gleichrichters wirken, wobei der Netzfilter weitere Komponenten, beispielsweise eine Filterkapazität aufweisen kann. Zusätzlich haben die Sinusdrosseln die Eigenschaft, einen plötzlichen Anstieg eines Stromes über den aktiven Gleichrichter effektiv zu verzögern. Diese Verzögerung kann DC-Sicherungen 32.1, 32.2 des DC-Netzes die Zeit geben auszulösen, bevor ein zu hoher Strom Elemente des aktiven Gleichrichters 20 wie dessen Freilaufdioden, beschädigt. Ein solcher Fall kann beispielsweise vorliegen, wenn durch einen Erdschluss oder Kurzschluss im DC-Netz 14 ein Fehlerstrom vom AC-Netz 12 ins DC-Netz 14 entstehen würde, der die Freilaufdioden des aktiven Gleichrichters 20 beschädigen würde, wenn er in voller Stärke über den aktiven Gleichrichter 20 geleitet würde.

In Fig. 3 ist schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines kurzschlussgesicherten Versorgungssystems 10 zur Versorgung des DC-Netzes 14 aus dem AC-Netz 12 dargestellt. Das AC-Netz 12 ist beispielsweise ein dreiphasiges AC-Netz und kann insbesondere ein AC-Versorgungsnetz sein. Das AC-Netz 12 kann über einen Netztransformator bereitgestellt werden. Dieser kann durch Verbindung mit Potential Erde PE geerdet sein. Das Versorgungssystem 10 weist den aktiven Gleichrichter 20 mit den AC-seitig vorgelagerten Sinusfilterdrosseln 20.1 und eine kombinierte Vorrichtung 41 auf, die sowohl die Funktion der Vorladevorrichtung als auch die Funktion der Kurzschlusssicherungsvorrichtung übernehmen kann. Die kombinierte Vorlade- und Kurzschlusssicherungsvorrichtung 41 ist über AC-Schalter 24 mit dem AC-Netz verbindbar. Sie weist einen Transformator 16 auf, der einen passiven Gleichrichter 36 mit einer zweiten AC-Eingangsspannung versorgt. Auch dieser Transformator 16 kann mit Potential Erde PE verbunden sein, insbesondere ist er mit Erdpotential verbunden, wenn auch das AC-Netz 12 geerdet ist.

Das DC-Netz 14 weist als äquivalentes Ersatzschaltbild für einen Erdfehler einen zweiteiligen Isolationswiderstand 50 gegen Erdpotential PE auf. Eine Batterie 42 ist über DC-Schalter 46 mit dem DC-Netz 14 verbindbar. Eine Last 44 ist über DC-Schalter 48 mit dem DC-Netz verbindbar. Auch die Last 44 kann einen unerwünschten parasitären Widerstand 44.P gegen Erdpotential PE aufweisen. Eine Last 44 kann insbesondere einen oder mehrere Verbraucher umfassen, wie beispielsweise eine Maschine, eine Industrieanlage oder auch einen Elektrolyseur. Das DC-Netz 14 kann auch mehrere Lasten 44 und mehrere Batterien 42 aufweisen.

Das AC-Netz 12 kann über einen Vor-Transformator mit dem Versorgungssystem 10 verbunden werden. Durch den Vor-Transformator kann die vom AC-Netz 12 bereitgestellte Spannung auf ein vom Versorgungssystem 10 geeignetes Niveau angepasst werden. Zum Beispiel kann der aktive Gleichrichter 20 über den Vor-Transformator mit einer ersten AC-Eingangsspannung versorgt werden, von der der erste Schwellwert abhängt. Hierdurch kann erreicht werden, dass der aktive Gleichrichter 20 durch Ansteuerung der AC-Schalter 22 durch eine Steuereinheit 30 erst dann mit dem AC-Netz 12 verbunden wird, wenn das DC-Netz 14, also auch der Zwischenkreis 18, auf eine ausreichend hohe DC-Spannung vorgeladen ist, so dass das Zuschalten des aktiven Gleichrichters 20 sanft, also vollständig oder weitgehend stromlos erfolgen kann.

Der aktive Gleichrichter 20 ist ausgebildet, Wechselstrom oder Wechselspannung an seiner AC-Seite in Gleichstrom oder Gleichspannung an seine DC-Seite umzuwandeln. Der aktive Gleichrichter 20 ist ebenfalls ausgebildet, Gleichstrom oder Gleichspannung an seiner DC-Seite in Wechselstrom oder Wechselspannung an seiner AC-Seite umzuwandeln. Im dargestellten Ausführungsbeispiel geschieht die Umwandlung dadurch, dass die

Steuereinheit 30 Halbleiterschalter des aktiven Gleichrichters 20 geeignet ansteuert. Die Steuereinheit kann ebenfalls eingerichtet und ausgebildet sein, das Verfahren zum Betrieb des kurzschlussgesicherten Versorgungssystems 10 auszuführen und entsprechend beispielsweise die Schalter 22, 24, 34 anzusteuern. Sie verfügt dafür beispielsweise über geeignete Rechenleistung und geeigneten Speicher. Die Ansteuerung der Halbleiterschalter des aktiven Gleichrichters 20 und die Steuerung 30 zur Durchführung des Verfahrens kann aber auch durch separate Steuereinheiten erfolgen.

Neben einem passiven Gleichrichter 36 weist die Vorrichtung 41 einen Vorladewiderstand 28 auf, über den der Strom beim Vorladen den DC-Netzes 14 begrenzt wird. Wird die Vorrichtung 41 als Vorladevorrichtung betrieben, so ist also der Schalter 34 geöffnet. Der Zwischenkreis 18 des aktiven Gleichrichters 20 kann beim Hochfahren des Versorgungssystems 10 vor der Verbindung der AC-Seite mit dem AC-Netz 12 über die Vorladevorrichtung 41 vorgeladen werden. Hierfür wird zunächst der AC-Schalter 24 bei geöffnetem Schalter 34 geschlossen und das DC-Netz 14 vorgeladen. Die Vorladevorrichtung 41 ist eingerichtet, eine solche Vorladung aus dem AC-Netz 12 durchzuführen und weist hierfür den passiven Gleichrichter 36 auf. Über die Vorladevorrichtung 41 kann mindestens der Zwischenkreis 18 des aktiven Gleichrichters 20, bevorzugt das gesamte DC-Netz 14, direkt aus dem AC-Netz 12 vorgeladen werden.

Wird die kombinierte Vorrichtung 41 als Kurzschlusssicherungsvorrichtung betrieben, so ist der Schalter 34 geschlossen und der Vorladewiderstand somit überbrückt. Das Vorladen des Zwischenkreises 18 und des DC-Netzes 14 erfolgt dann nur noch über den aktiven Gleichrichter 20 oder ist bereits beendet. Von der zweiten AC-Eingangsspannung hängt der zweite Schwellwert ab, über den sichergestellt werden kann, dass die Verbindung zwischen AC-Netz 12 und DC-Netz 14 über den geschlossenen Schalter 34 zu dem zweiten Zeitpunkt während des Vorladens erst dann hergestellt wird, wenn der Zwischenkreis 18 und damit das DC-Netz 14 genügend vorgeladen ist. Das Schließen des Schalters 34 kann beispielsweise durch Ansteuerung durch die Steuereinheit 30 erfolgen.

Über den passiven Gleichrichter 36 kann ein durch einen Fehler im DC-Netz 14 auftretender Kurzschlussstrom unter Umgehung des aktiven Gleichrichters 20 aus dem AC-Netz 12 in das DC-Netz 14 geleitet werden. Ein solcher Fehler im DC-Netz tritt beispielsweise auf, wenn der Isolationswiderstand 50 oder der parasitäre Widerstand 44.P zu klein werden und dadurch ein Erdschluss im DC-Netz, also eine zu niederohmige Verbindung zum Potential Erde PE, entsteht.

Bezugszeichenliste

10	Versorgungssystem
12	AC-Netz
14	DC-Netz
16	Transformator
18	Zwischenkreis
20	aktiver Gleichrichter
20.1	Sinusfilterdrosseln
22, 23, 24	AC-Schalter
28	Vorladewiderstand
30	Steuereinheit
32.1, 32.2	DC-Sicherungen
34	Schalter
36	Gleichrichter
37	Kurzschlussicherungsvorrichtung
38	strombegrenzende Ladeschaltung
39	Vorladevorrichtung
41	kombinierte Vorrichtung
42	Batterie
44	Last
44.P	parasitärer Widerstand
46	DC-Schalter
48	DC-Schalter
50	Isolationswiderstand
PE	Potential Erde
a), b), c)	Verfahrensschritte

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Betrieb eines kurzschlussgesicherten Versorgungssystems (10) eines DC-Netzes (14) aus einem AC-Netz (12), wobei das Versorgungssystem (10) einen aktiven Gleichrichter (20) mit AC-seitig vorgelagerten Sinusfilterdrosseln (20.1), eine Vorladevorrichtung (39, 41) und eine Kurzschlusssicherungsvorrichtung (37, 41) aufweist, wobei die Kurzschlusssicherungsvorrichtung (37, 41) dazu eingerichtet ist, einen durch einen Fehler im DC-Netz (14) auftretenden Kurzschlussstrom unter Umgehung des aktiven Gleichrichters (20) aus dem AC-Netz (12) in das DC-Netz (14) zu leiten, umfassend die Schritte zum Aufstarten des Versorgungssystems (10):
 - a) Vorladen des DC-Netzes (14) über die Vorladevorrichtung (39, 41), wobei der aktive Gleichrichter (20) DC-seitig mit dem DC-Netz (14) verbunden ist,
 - b) Herstellen einer AC-seitigen Verbindung des aktiven Gleichrichters (20) mit dem AC-Netz (12) zu einem ersten Zeitpunkt während des Vorladens, zu dem eine Spannung des DC-Netzes (14) einen ersten Schwellwert überschreitet,
 - c) Herstellen einer Verbindung zwischen dem AC-Netz (12) und dem DC-Netz (14) über die Kurzschlusssicherungsvorrichtung (37, 41) zu einem zweiten Zeitpunkt während des Vorladens, zu dem die Spannung des DC-Netzes (14) einen zweiten Schwellwert überschreitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Vorladen des DC-Netzes (14) nach dem Herstellen der AC-seitigen Verbindung des aktiven Gleichrichters (20) mit dem AC-Netz (12) zumindest teilweise über den aktiven Gleichrichter (20) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der zweite Schwellwert größer als der erste Schwellwert ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Zeitpunkt vor dem zweiten Zeitpunkt liegt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Zeitpunkt nach dem zweiten Zeitpunkt liegt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Schwellwert von einer ersten AC-Eingangsspannung des aktiven Gleichrichters (20) abhängt und insbesondere einem Gleichrichtwert der ersten AC-Eingangsspannung entspricht oder einen vorgegebenen ersten Abstand über dem Gleichrichtwert der ersten AC-Eingangsspannung liegt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Vorladen des DC-Netzes (14) bis zu einer Nennspannung des DC-Netzes (14) erfolgt und der erste und der zweite Schwellwert unterhalb der Nennspannung des DC-Netzes (14) liegen.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kurzschluss sicherungsvorrichtung (37, 41) einen Gleichrichter (36) aufweist, über den die Verbindung zwischen dem AC-Netz (12) und dem DC-Netz (14) hergestellt wird, wobei der Gleichrichter (36) mit einer zweiten AC-Eingangsspannung versorgt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Kurzschluss sicherungsvorrichtung (41) einen Transformator (16), insbesondere einen hochsetzenden Transformator (16), aufweist, wobei der Transformator (16) den Gleichrichter (36) mit der zweiten AC-Eingangsspannung versorgt.
10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei der zweite Schwellwert von der zweiten AC-Eingangsspannung des Gleichrichters (36) abhängt und insbesondere einem Gleichrichtwert der zweiten AC-Eingangsspannung entspricht oder einen vorgegebenen zweiten Abstand über dem Gleichrichtwert der zweiten AC-Eingangsspannung liegt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Versorgungssystem (10) eine Mehrzahl parallel geschalteter aktiver Gleichrichter (20) umfasst und wobei das Herstellen einer Verbindung des aktiven Gleichrichters (20) mit dem AC-Netz (12) durch Parallelschalten der Mehrzahl der aktiven Gleichrichter (20) erfolgt.
12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Mehrzahl der aktiven Gleichrichter (20) beim Aufstarten des Versorgungssystems (10) nacheinander parallelgeschaltet werden.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin bei der Außerbetriebnahme des Versorgungssystems (10) umfassend die Schritte:
 - Auftrennen der Verbindung zwischen dem AC-Netz (12) und dem DC-Netz (14) über die Kurzschluss sicherungsvorrichtung (37, 41), und
 - Auftrennen der Verbindung des aktiven Gleichrichters (20) oder der Mehrzahl der aktiven Gleichrichter (20) mit dem AC-Netz (12).
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach Herstellen einer Verbindung zwischen dem AC-Netz (12) und dem DC-Netz (14) über die

Kurzschluss Sicherungsvorrichtung (37, 41) ein Freigabesignal erzeugt und an eine DC-Last (44) des DC-Netzes (14) übermittelt wird.

15. Kurzschluss gesichertes Versorgungssystem (10) für ein DC-Netz (14) aus einem AC-Netz (12), umfassend:

- einen aktiven Gleichrichter (20);
- eine Vorladevorrichtung (39, 41) zum Vorladen des DC-Netzes (14) aus dem AC-Netz (12);
- eine Kurzschluss Sicherungsvorrichtung (37, 41);
- eine Steuereinheit (30);

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinheit (30) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist.

16. Versorgungssystem nach Anspruch 14, umfassend eine Mehrzahl von parallelgeschalteten aktiven Gleichrichtern (20).

17. Versorgungssystem nach einem der Ansprüche 14 oder 15, wobei die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung (37, 41) einen Gleichrichter (36) aufweist, über den die Verbindung zwischen dem AC-Netz (12) und dem DC-Netz (14) hergestellt wird, wobei der Gleichrichter (36) mit einer zweiten AC-Eingangsspannung versorgt wird, von der der zweite Schwellwert abhängt, wobei der zweite Schwellwert insbesondere einer zweiten DC-Ausgangsspannung des Gleichrichters (36) entspricht.

18. Versorgungssystem nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung und die Vorladevorrichtung als kombinierte Vorrichtung (41) ausgeführt sind und einen gemeinsamen Transformator (16), insbesondere einen gemeinsamen hochsetzenden Transformator (16) und einen gemeinsamen Gleichrichter (36) aufweisen, wobei die Kurzschluss Sicherungsvorrichtung weiterhin einen Schalter (34) und die Vorladevorrichtung weiterhin einen zum Schalter (34) parallel geschalteten Vorladewiderstand (28) aufweist.

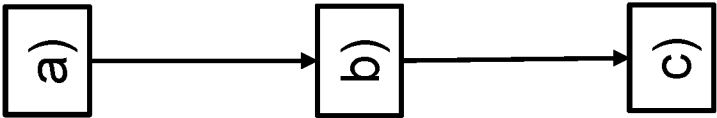


Fig. 1

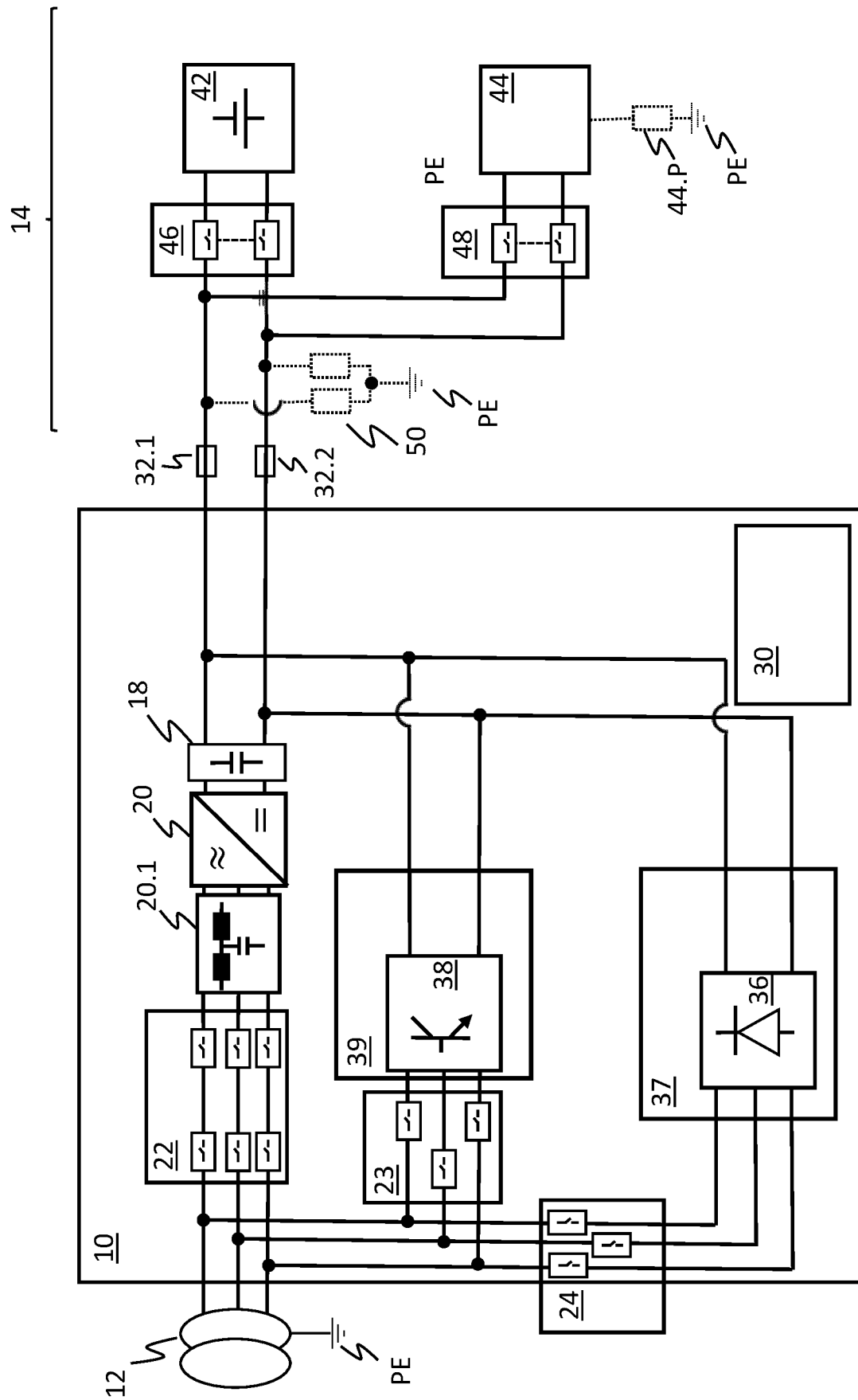


Fig. 2

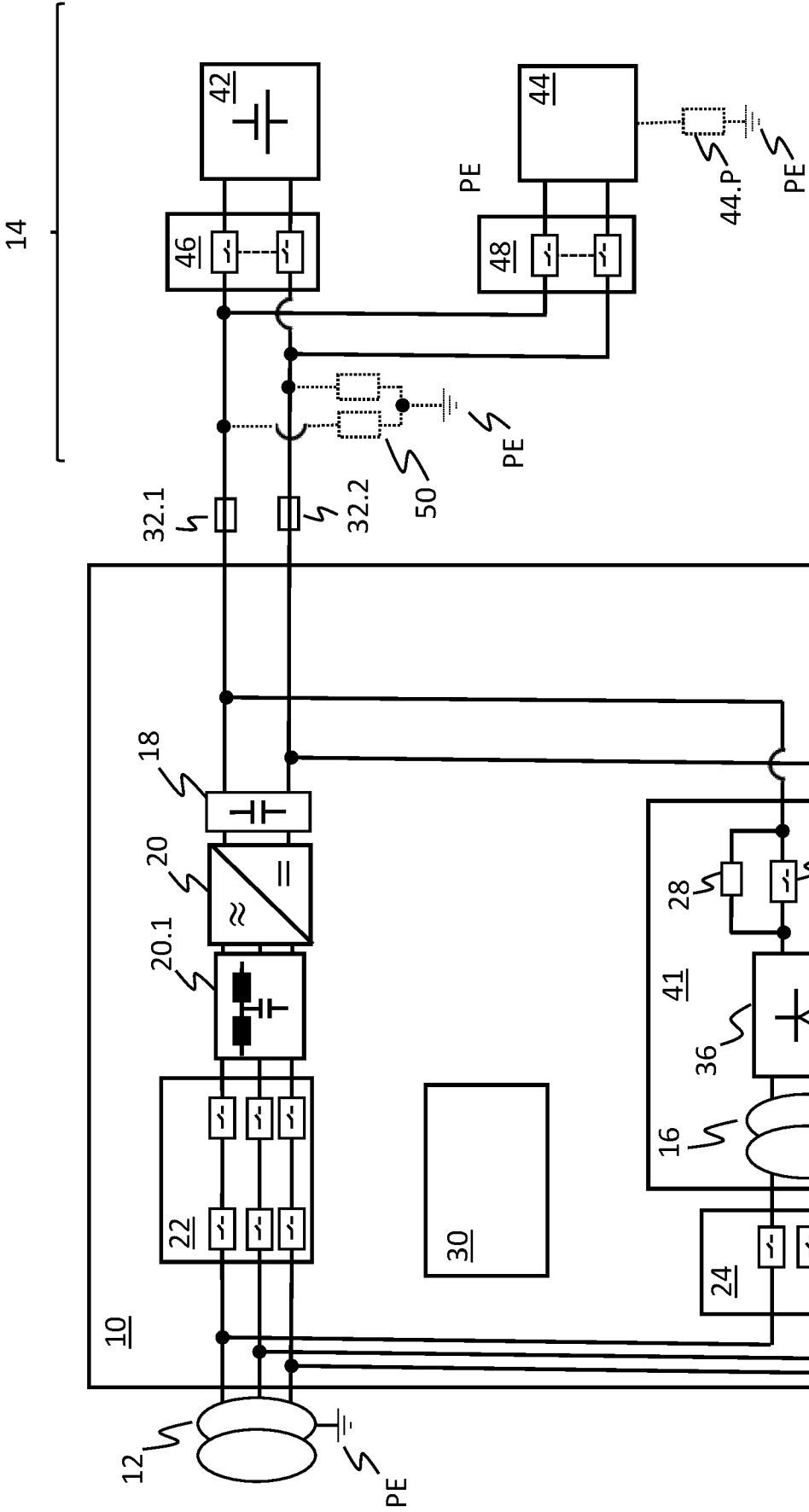


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/063066

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02H 7/125**(2006.01)i; **H02H 9/00**(2006.01)i; **H02M 1/36**(2007.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02H; H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102017204927 A1 (SIEMENS AG [DE]) 27 September 2018 (2018-09-27) paragraphs [0012] - [0061]; figures 1,6	1,7,8,11-17
X	DE 102017127311 A1 (GE ENERGY POWER CONVERSION TECHNOLOGY LTD [GB]) 23 May 2019 (2019-05-23) paragraph [0004] - paragraph [0018]; figures 1-3 paragraphs [0026] - [0030] paragraph [0047] - paragraph [0071]	1-18
A	WO 2011056079 A1 (ROLLS ROYCE MARINE AS [NO]; HAUGLAND TORBJOERN [NO]) 12 May 2011 (2011-05-12) page 6, line 12 - page 10, line 25	1
A	WO 2008110129 A1 (SIEMENS AG [DE]; DOMMASCHK MIKE [DE] ET AL.) 18 September 2008 (2008-09-18) page 3, line 10 - page 4, line 17; figures 3,5	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 August 2022

Date of mailing of the international search report

05 September 2022

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Palukova, Mila

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/063066

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102017204927	A1	27 September 2018	NONE			
DE	102017127311	A1	23 May 2019	CN	109889111	A	14 June 2019
				DE	102017127311	A1	23 May 2019
				US	2019157982	A1	23 May 2019
WO	2011056079	A1	12 May 2011	EP	2499041	A1	19 September 2012
				KR	20120101440	A	13 September 2012
				NO	332138	B1	02 July 2012
				US	2012309242	A1	06 December 2012
				WO	2011056079	A1	12 May 2011
WO	2008110129	A1	18 September 2008	BR	PI0721437	A2	08 January 2013
				CN	101611535	A	23 December 2009
				DE	112007003495	A5	11 February 2010
				EP	2118993	A1	18 November 2009
				ES	2693612	T3	12 December 2018
				JP	5047312	B2	10 October 2012
				JP	2010521130	A	17 June 2010
				RU	2009137789	A	20 April 2011
				US	2010085785	A1	08 April 2010
				WO	2008110129	A1	18 September 2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02H7/125 H02H9/00 H02M1/36 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02H H02M		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2017 204927 A1 (SIEMENS AG [DE]) 27. September 2018 (2018-09-27) Absätze [0012] - [0061]; Abbildungen 1, 6 -----	1, 7, 8, 11-17
X	DE 10 2017 127311 A1 (GE ENERGY POWER CONVERSION TECHNOLOGY LTD [GB]) 23. Mai 2019 (2019-05-23) Absatz [0004] - Absatz [0018]; Abbildungen 1-3 Absätze [0026] - [0030] Absatz [0047] - Absatz [0071] -----	1-18
A	WO 2011/056079 A1 (ROLLS ROYCE MARINE AS [NO]; HAUGLAND TORBJOERN [NO]) 12. Mai 2011 (2011-05-12) Seite 6, Zeile 12 - Seite 10, Zeile 25 ----- -----	1
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
26. August 2022		05/09/2022
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Palukova, Mila

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2008/110129 A1 (SIEMENS AG [DE]; DOMMASCHK MIKE [DE] ET AL.) 18. September 2008 (2008-09-18) Seite 3, Zeile 10 - Seite 4, Zeile 17; Abbildungen 3,5 -----	1-18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/063066

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102017204927 A1	27-09-2018	KEINE	

DE 102017127311 A1	23-05-2019	CN 109889111 A	14-06-2019
		DE 102017127311 A1	23-05-2019
		US 2019157982 A1	23-05-2019

WO 2011056079 A1	12-05-2011	EP 2499041 A1	19-09-2012
		KR 20120101440 A	13-09-2012
		NO 332138 B1	02-07-2012
		US 2012309242 A1	06-12-2012
		WO 2011056079 A1	12-05-2011

WO 2008110129 A1	18-09-2008	BR PI0721437 A2	08-01-2013
		CN 101611535 A	23-12-2009
		DE 112007003495 A5	11-02-2010
		EP 2118993 A1	18-11-2009
		ES 2693612 T3	12-12-2018
		JP 5047312 B2	10-10-2012
		JP 2010521130 A	17-06-2010
		RU 2009137789 A	20-04-2011
		US 2010085785 A1	08-04-2010
		WO 2008110129 A1	18-09-2008
